

Assessing the Impact of Smartization and Digital Economy Development on Financial Stability and Credit Risk in Iran's Banking Network: A Time-Series Econometric Analysis (ARDL Approach)

Mohammad Hossein Khaji^{1*}

^{1*} Department of Financial Management, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding author), Email: Mohammadhosseinkhaji@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received:30/07/2026

Received in revised form:23/08/2026

Accepted:16/09/2026

Available online:16/09/2026

Keywords:

Banking digitalization

Digital economy

Financial sustainability

Credit risk

Non-performing loans

ARDL

Iranian banking network

ABSTRACT

This study aims to assess the impact of service smartization and the development of the digital economy on financial stability and credit risk within Iran's banking network, utilizing quarterly data from the Iranian years 1388 to 1402 (2009–2024). Digital transformation—along with the adoption of remote service platforms, smart credit-scoring systems, and data-driven algorithms—has revolutionized decision-making structures and risk management in the banking industry. To formulate the research model, a composite index of electronic transactions and IT infrastructure was selected as a proxy for smartization, the Z-score as a proxy for financial stability, and the non-performing loan (NPL) ratio as the indicator for credit risk; two models were then estimated using the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) method. The findings indicate that the expansion of smartization and digital economy infrastructure has a significant positive long-term impact on the financial stability of the banking network, leading to improved financial soundness indicators. Furthermore, the development of smart credit-scoring technologies has had a significant negative impact on the NPL ratio, thereby substantially reducing credit risk. The error correction term coefficient in both models is negative and statistically significant, indicating an appropriate speed of adjustment from short-term fluctuations toward long-term equilibrium. The results underscore the necessity for the banking network to increase investment in artificial intelligence and digital credit scoring to strengthen financial health.

Article Type: Research Paper



©Authors

Cite: Khaji, M. H. (2026). Assessing the Impact of Smartization and Digital Economy Development on Financial Stability and Credit Risk in Iran's Banking Network: A Time-Series Econometric Analysis (ARDL Approach). *Journal of Intelligent Financial Management*, 2(2), 361-372.

Journal of Intelligent Financial Management,
2025, Vol. 2, No.2, pp. 361- 372

Publish by:

Tolou-e Binsh-e Ayandeh Scientific Institute

<https://doi.org/10.25843/JIFM.2025.8563.232677>

سنجش اثر هوشمندسازی و توسعه اقتصاد دیجیتال بر پایداری مالی و ریسک اعتباری در شبکه بانکی ایران: یک تحلیل اقتصادسنجی سری زمانی (رویکرد ARDL)

محمدحسین خاجی^{۱*}

۱ و * - گروه مدیریت مالی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول: Mohammadhosseinkhaji@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۶/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۲۵

کلیدواژه‌ها:

هوشمندسازی بانکی

اقتصاد دیجیتال

پایداری مالی

ریسک اعتباری

مطالبات غیرجاری

ARDL

شبکه بانکی ایران

چکیده

این پژوهش با هدف سنجش اثر هوشمندسازی خدمات و توسعه اقتصاد دیجیتال بر پایداری مالی و ریسک اعتباری در شبکه بانکی ایران طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۲ و با استفاده از داده‌های فصلی انجام شده است. تحول دیجیتال و به کارگیری بسترهای غیرحضوری، سامانه‌های هوشمند اعتبارسنجی و الگوریتم‌های داده‌محور، ساختار تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک در صنعت بانکداری را دگرگون کرده است. برای تبیین الگوی پژوهش، شاخص ترکیبی تراکنش‌های الکترونیکی و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات به عنوان نماینده هوشمندسازی، شاخص Z-Score به عنوان نماینده پایداری مالی و نسبت مطالبات غیرجاری به عنوان شاخص ریسک اعتباری در نظر گرفته شده و دو الگوی پژوهش با روش خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی برآورد شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد گسترش هوشمندسازی و زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال در بلندمدت اثر مثبت و معنی‌دار بر پایداری مالی شبکه بانکی دارد و به بهبود شاخص‌های توانگری مالی انجامیده است. همچنین توسعه فناوری‌های هوشمند اعتبارسنجی اثر منفی و معنی‌دار بر نسبت مطالبات غیرجاری داشته و ریسک اعتباری را به طور قابل توجهی کاهش داده است. ضریب جمله تصحیح خطا در هر دو الگو منفی و از نظر آماری معنی‌دار است و بیانگر سرعت تعدیل مناسب نوسانات کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت است. نتایج بر ضرورت سرمایه‌گذاری بیشتر شبکه بانکی در هوش مصنوعی و اعتبارسنجی دیجیتال برای تقویت سلامت مالی تأکید دارد.

نوع مقاله: پژوهشی



© نویسندگان

استناد: خاجی، محمدحسین. (۱۴۰۵). سنجش اثر هوشمندسازی و توسعه اقتصاد دیجیتال بر پایداری مالی و ریسک اعتباری در شبکه بانکی ایران: یک تحلیل اقتصادسنجی سری زمانی (رویکرد ARDL). مدیریت مالی هوشمند، ۲(۳)، ۳۶۱-۳۷۲.

نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۵، دوره ۲، شماره ۲، صفحه ۳۶۱-۳۷۲.

ناشر: موسسه علمی طلوع بینش آینده

<https://doi.org/10.25843/JIFM.2025.8563.232677>

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، ظهور اقتصاد دیجیتال و تحول دیجیتال در صنعت بانکداری مفاهیم سنتی ارزیابی ریسک و مدیریت پایداری مالی را دستخوش تغییرات بنیادین کرده است. هوشمندسازی خدمات بانکی، به معنای به کارگیری ابزارهای دیجیتال، بسترهای غیرحضوری و سامانه‌های هوشمند اعتبارسنجی، افزون بر افزایش سرعت و کارایی، هزینه‌های معاملاتی را نیز کاهش می‌دهد (al et Gomber, ۲۰۱۸; Thakor, ۲۰۲۰). در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی کوشیده‌اند سطح و پیشرفت تحول دیجیتال بانک‌ها را اندازه‌گیری و پیامدهای آن را ارزیابی کنند (al et Xie, ۲۰۲۳).

یکی از مسیرهای اصلی اثرگذاری فناوری بر بانک‌ها، کاهش عدم‌تقارن اطلاعاتی میان وام‌دهنده و وام‌گیرنده است. نظریه اطلاعات نامتقارن نشان می‌دهد که مشکل گزینش نامناسب و مخاطره اخلاقی می‌تواند در بازار اعتبار به ناپایداری بینجامد (Weiss, ۱۹۸۱). استفاده از داده‌های دیجیتال و الگوریتم‌های یادگیری ماشین در اعتبارسنجی، امکان ارزیابی دقیق‌تر توان بازپرداخت متقاضیان را فراهم می‌کند (al et Berg, ۲۰۲۰; al et Fuster, ۲۰۱۹). شواهد تجربی از بانک‌های چین نیز حاکی است که تحول دیجیتال ریسک اعتباری را به صورت معنی‌دار و پویا کاهش می‌دهد (Masron & Yang, ۲۰۲۴) و ورودی‌های فناوری مالی با تأخیر به کاهش مطالبات غیرجاری می‌انجامد (al et Wang, ۲۰۲۳).

با وجود این، شواهد یکدست نیست. Beck و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده‌اند نوآوری مالی هم روی روشن و هم روی تاریک دارد؛ Koont (۲۰۲۴) هشدار می‌دهد دیجیتالی‌شدن بانکداری ممکن است ریسک اعتباری را در بخش‌هایی از نظام بانکی که کمتر از فناوری دیجیتال بهره‌مندند انباشته کند؛ و Cao و همکاران (۲۰۲۲) از تفاوت اثر تحول دیجیتال بر نسبت مطالبات غیرجاری بانک‌های بزرگ و کوچک سخن گفته‌اند. در بانک‌های ایران نیز Karami و Moghadam pourEsmail (۲۰۲۶) رابطه‌ای U وارونه میان فناوری مالی و ریسک‌پذیری بانک‌ها گزارش کرده‌اند: ریسک‌پذیری در مراحل آغازین پذیرش فناوری افزایش و با بلوغ یکپارچگی دیجیتال کاهش می‌یابد.

در نظام بانکی ایران، کنترل ریسک اعتباری و حفظ پایداری مالی از چالش‌های کلیدی به شمار می‌رود. اقتصاد ایران بانک‌محور است و هرگونه اختلال در بخش بانکی به سایر بخش‌ها سرایت می‌کند؛ تحریم‌ها و رکود نیز فشار مضاعفی بر ترازنامه بانک‌ها وارد کرده‌اند (Moghadam Esmailpour & Karami, ۲۰۲۶). در این چارچوب، پرسش اصلی پژوهش این است که آیا گسترش ابزارها و زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال توانسته است بر بهبود شاخص‌های سلامت مالی و کاهش معوقات بانکی در سطح کل شبکه بانکی ایران اثرگذار باشد؟

بخش عمده مطالعات پیشین یا بر داده‌های مقطعی-سری زمانی (پانل) بانک‌های چین متمرکزند یا اثر فناوری را بر ریسک‌پذیری در سطح بانک می‌سنجند. مطالعه حاضر از سه جهت به ادبیات می‌افزاید: نخست، اثر هوشمندسازی را در سطح کل شبکه بانکی و با داده‌های فصلی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۲ می‌سنجد؛ دوم، همزمان پایداری مالی (Score-Z) و ریسک اعتباری (NPL) را در دو الگوی جداگانه بررسی می‌کند؛ و سوم، با رویکرد ARDL، اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت را از هم تفکیک می‌کند. ساختار مقاله چنین است: در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه، در بخش سوم روش‌شناسی، در بخش چهارم یافته‌ها و در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادها سیاستی ارائه می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

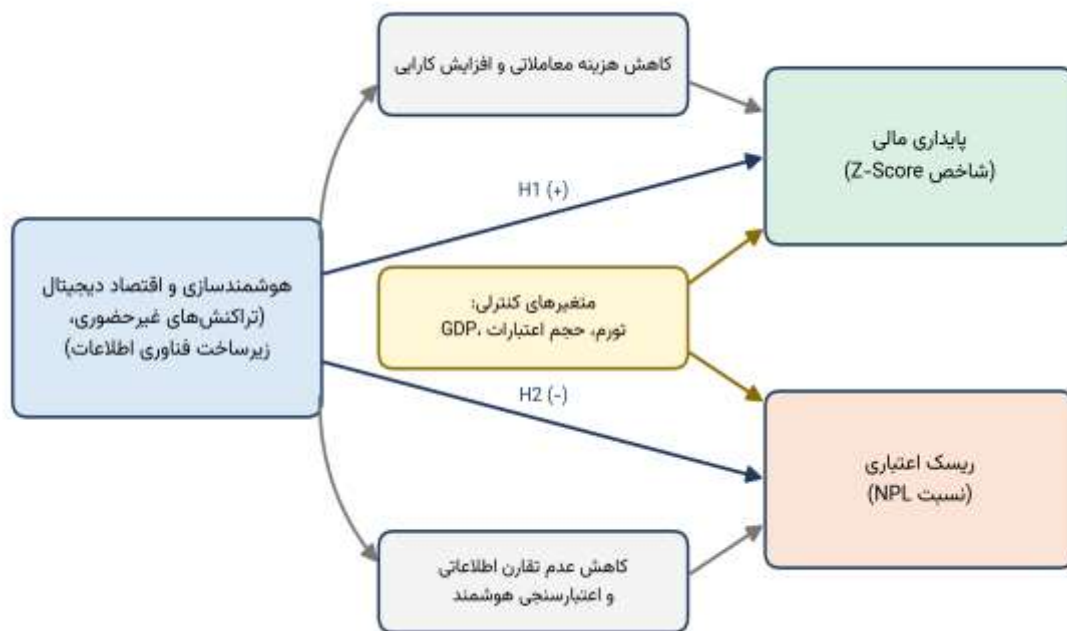
۲-۱. مبانی نظری

پایداری مالی به توانایی نظام بانکی در جذب تکان‌ها و ایفای کارکرد واسطه‌گری بدون اختلال اطلاق می‌شود. در ادبیات بانکی، شاخص Score-Z که ریشه در مفهوم فاصله تا ورشکستگی (Roy, ۱۹۵۲) دارد، معیار متداولی برای سنجش ثبات و ریسک‌پذیری بانک‌هاست (Lev & Laeven, ۲۰۰۹). این شاخص از مجموع بازده دارایی و نسبت حقوق صاحبان سهام به دارایی، تقسیم بر انحراف معیار بازده دارایی به دست می‌آید (رابطه ۱) و مقدار بالاتر آن بیانگر ثبات بیشتر است.

$$Z_{it} = \frac{ROA_{it} + E/A_{it}}{\sigma(ROA_i)} \quad \text{شاخص Score-Z (۱)}$$

دو دیدگاه رقیب درباره نقش نوآوری مالی وجود دارد. بر پایه «فرضیه نوآوری-رشد»، فناوری با کاهش هزینه‌ها، تنوع بخشی درآمد و بهبود دسترسی، کارایی و تاب‌آوری بانک‌ها را افزایش می‌دهد. در مقابل، «فرضیه شکنندگی نوآوری» بر آن است که نوآوری ظرفیت ریسک‌پذیری را بالا می‌برد و در شرایط بحران می‌تواند آسیب‌پذیری را تشدید کند (al et Beck, ۲۰۱۶). افزون بر این، هوشمندسازی مخاطرات نوظهوری مانند ریسک سایبری، حریم خصوصی و انطباق را به همراه دارد (Esmailpour & Karami Moghadam, ۲۰۲۶).

از منظر مکانیسم، هوشمندسازی می‌تواند از دو کانال بر متغیرهای پژوهش اثر بگذارد. کانال نخست، کاهش هزینه معاملاتی و افزایش کارایی و افزایش کارایی عملیاتی است که سودآوری و توانگری را بهبود می‌بخشد. کانال دوم، بهبود اعتبارسنجی و پایش پس از پرداخت از طریق داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های هوشمند است که عدم‌تقارن اطلاعاتی را کاهش داده و مطالبات غیرجاری را پایین می‌آورد (شکل ۱).



شکل ۱. چارچوب مفهومی پژوهش

۲-۲. پیشینه تحقیق

Masron و Yang (۲۰۲۴) با استفاده از داده ۱۱۶ بانک چینی طی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) نشان دادند تحول دیجیتال به‌طور معنی‌دار و پویا ریسک اعتباری را کاهش می‌دهد و شمول مالی این اثر را تقویت می‌کند. Wang و همکاران (۲۰۲۳) دریافتند ورودی‌های فناوری مالی سطح مطالبات غیرجاری را کاهش می‌دهد، هرچند این اثر با وقفه ظاهر می‌شود. Qu و Cheng (۲۰۲۰) نیز برای بانک‌های تجاری چین رابطه منفی میان فناوری مالی بانکی و ریسک اعتباری گزارش کردند. Cao و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از متغیر ابزاری نشان دادند تحول دیجیتال به تمایز ریسک پس از وام‌دهی در بانک‌های بزرگ و کوچک می‌انجامد.

در سوی دیگر، Koont (۲۰۲۴) با تمرکز بر ایالات متحده نشان می‌دهد که دیجیتالی‌شدن بانکداری بر ترکیب سپرده‌ها و ثبات تأمین مالی اثر می‌گذارد و می‌تواند ریسک اعتباری را در بخش‌های کم‌بهره از فناوری انباشته کند. Ahamed و Mallick (۲۰۱۹) در نمونه‌ای بین‌المللی نشان دادند شمول مالی با ثبات بانکی همراه است و Danisman و Tarazi (۲۰۲۰) شواهد مشابهی برای

اروپا ارائه کردند. Hordofa (۲۰۲۴) اثر تحول دیجیتال را بر ثبات مالی در بازار نوظهور اتیوپی بررسی کرده و Anton و areiAflo (۲۰۲۴) اثر مالی دیجیتال و شمول مالی را بر ثبات بانکی در سطح بین‌المللی سنجیده‌اند. از منظر روشی، liaFog (۲۰۲۲) با رویکرد ARDL و داده‌های فصلی ایتالیا (۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰)، عوامل اقتصاد کلان مؤثر بر مطالبات غیرجاری را بررسی کرده است که با ساختار الگوی مقاله حاضر همخوان است.

Karami و Moghadam Esmaeilpour (۲۰۲۶) با پانل ۱۸ بانک ایرانی طی ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ و با برآورد اثرات تصادفی و رابطه U وارونه میان فناوری مالی (شاخص زیرساخت الکترونیکی شامل کارت، خودپرداز و پایانه‌ها) و ریسک‌پذیری را تأیید کردند و محدودیت‌های تحریمی را از موانع توسعه فناوری مالی در ایران برشمردند. با این حال، شواهد سری زمانی در سطح کل شبکه بانکی که همزمان پایداری مالی و ریسک اعتباری را با رویکرد هم‌جمعی بررسی کند، اندک است؛ خلأیی که این مقاله در پی پر کردن آن است. جدول ۱ خلاصه مهم‌ترین مطالعات مرتبط را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مرور ادبیات پژوهش

ردیف	پژوهشگر (سال)	قلمرو و دوره	روش	یافته اصلی
۱	Masron & Yang (۲۰۲۴)	۱۱۶ بانک چین، ۲۰۱۴-۲۰۲۱	GMM	تحول دیجیتال ریسک اعتباری را کاهش می‌دهد؛ شمول مالی اثر را تقویت می‌کند.
۲	al et Wang (۲۰۲۳)	بانک‌های چین	پانل	ورودی‌های فناوری مالی مطالبات غیرجاری را با وقفه کاهش می‌دهد.
۳	al et Cao (۲۰۲۲)	بانک‌های تجاری چین	پانل با متغیر ابزاری	تحول دیجیتال به تمایز ریسک (NPL) بانک‌های بزرگ و کوچک می‌انجامد.
۴	Qu & Cheng (۲۰۲۰)	بانک‌های تجاری چین	پانل	فناوری مالی بانکی با ریسک اعتباری رابطه منفی دارد.
۵	Koont (۲۰۲۴)	ایالات متحده	تحلیل تجربی و کمی	دیجیتالی‌شدن بانکداری بر ثبات تأمین مالی اثر می‌گذارد و ریسک اعتباری را در بخش‌های کم‌بهره از فناوری انباشته می‌کند.
۶	al et Beck (۲۰۱۶)	بین‌المللی	پانل	نوآوری مالی هم جنبه مثبت و هم جنبه منفی (ریسک بیشتر) دارد.
۷	& Ahamed (۲۰۱۹) Mallick	نمونه بین‌المللی	پانل	شمول مالی با ثبات بانکی همراه است.
۸	& Danisman (۲۰۲۰) Tarazi	اروپا	پانل	شمول مالی و ثبات بانکی رابطه مثبت دارند.
۹	Foglia (۲۰۲۲)	ایتالیا، ۲۰۰۸-۲۰۲۰ (فصلی)	ARDL	عوامل کلان‌اقتصادی مؤثر بر مطالبات غیرجاری شناسایی شد.
۱۰	Hordofa (۲۰۲۴)	اتیوپی	تحلیل تجربی	اثر تحول دیجیتال بر ثبات مالی در بازار نوظهور بررسی شد.
۱۱	Afloarei & Anton (۲۰۲۴) Nuciu	بین‌المللی	تحلیل تجربی	اثر مالی دیجیتال و شمول مالی بر ثبات بانکی بررسی شد.
۱۲	& Karami Esmaeilpour (۲۰۲۶) Moghadam	۱۸ بانک ایران، ۲۰۰۸-۲۰۲۲	اثرات تصادفی و GMM	رابطه U وارونه میان فناوری مالی و ریسک‌پذیری بانک‌ها.

۳-۲. شکاف پژوهشی و فرضیه‌ها

جمع‌بندی جدول ۱ نشان می‌دهد که اکثر مطالعات بر بانک‌های چین و داده‌های پانل متمرکزند، نتایج درباره جهت اثر یکسان نیست و شواهد سری زمانی برای کل شبکه بانکی ایران کمیاب است. بر این اساس، فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر تدوین می‌شود:

فرضیه اول: هوشمندسازی و توسعه اقتصاد دیجیتال در بلندمدت اثر مثبت و معنی‌دار بر پایداری مالی شبکه بانکی ایران دارد.
فرضیه دوم: هوشمندسازی و توسعه اقتصاد دیجیتال در بلندمدت اثر منفی و معنی‌دار بر ریسک اعتباری (نسبت مطالبات غیرجاری) شبکه بانکی ایران دارد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. داده‌ها و متغیرها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با رویکرد کمی است و از داده‌های فصلی شبکه بانکی ایران طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۲ (۶۰ مشاهده) استفاده می‌کند. تعریف متغیرها در جدول ۲ آمده است. شاخص هوشمندسازی به صورت شاخصی ترکیبی از حجم/تعداد تراکنش‌های غیرحضوری و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات ساخته شده است.

جدول ۲. معرفی متغیرهای پژوهش

متغیر	نماد	تعریف و نحوه اندازه‌گیری	نقش در الگو
پایداری مالی	FS	شاخص Score-Z (یا شاخص ترکیبی سلامت مالی/نسبت کفایت سرمایه)	وابسته (الگوی ۱)
ریسک اعتباری	CR	نسبت کل مطالبات غیرجاری (NPL) به کل تسهیلات اعطایی	وابسته (الگوی ۲)
هوشمندسازی و اقتصاد دیجیتال	Smart	شاخص ترکیبی حجم/تعداد تراکنش‌های غیرحضوری (شتاب و سامانه‌های الکترونیکی) و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	مستقل اصلی
رشد اقتصادی	GDP	نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های ثابت	کنترلی (الگوی ۱)
تورم	INF	نرخ تورم شاخص قیمت مصرف‌کننده (CPI)	کنترلی (هر دو الگو)
حجم اعتبارات	Credit	لگاریتم کل تسهیلات اعطایی به بخش غیردولتی	کنترلی (الگوی ۲)

۳-۲. تصریح الگوها

از آنجا که متغیرها ممکن است ترکیبی از سری‌های $I(0)$ و $I(1)$ باشند و حجم نمونه محدود است، از الگوی خودتوضیح با وقفه‌های توزیعی و آزمون هم‌جمعی کران‌ها (al et Pesaran, ۲۰۰۱) استفاده می‌شود. این رویکرد در نمونه‌های کوچک نیز عملکرد مناسبی دارد و برای تفسیر آماره F از مقادیر بحرانی نمونه کوچک (Narayan, ۲۰۰۵) بهره می‌گیرد. دو الگوی پژوهش به صورت زیر تصریح می‌شوند:

الگوی اول: اثر هوشمندسازی بر پایداری مالی

$$FS_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} FS_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \alpha_{2i} Smart_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \alpha_{3i} GDP_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_3} \alpha_{4i} INF_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

الگوی دوم: اثر هوشمندسازی بر ریسک اعتباری

$$CR_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} CR_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \beta_{2i} Smart_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \beta_{3i} Credit_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_3} \beta_{4i} INF_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

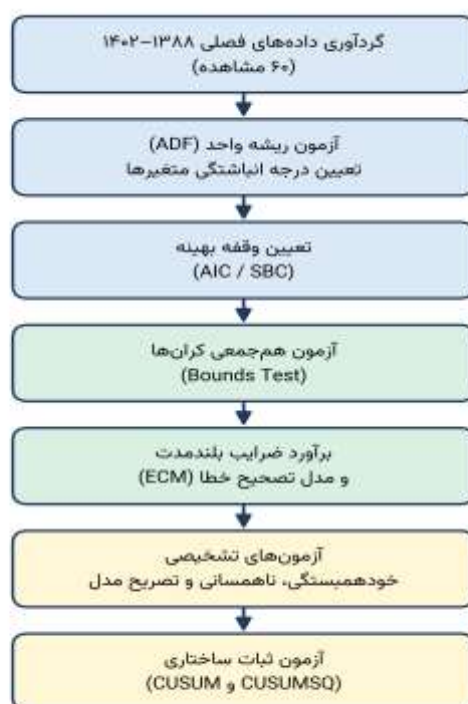
در این روابط، p و q به ترتیب وقفه بهینه متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی و ε جمله خطاست. پس از تأیید هم‌جمعی،

الگوی تصحیح خطا به صورت کلی زیر برآورد می شود که در آن λ ضریب تعدیل به سمت تعادل بلندمدت است:

$$\Delta Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \sum_{i=0}^{q_j-1} \psi_{ji} \Delta X_{j,t-i} + \lambda ECM_{t-1} + u_t \quad (4)$$

۳-۳. مراحل اجرای برآورد

مراحل برآورد در شکل ۲ خلاصه شده است. نخست، مانایی متغیرها با آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته (ADF; Dickey & Fuller, ۱۹۷۹) بررسی می شود و متغیرها باید I (۰) یا I (۱) باشند؛ وجود هر متغیر I (۲) روش ARDL را نامعتبر می کند. دوم، وقفه بهینه با معیارهای آکائیکه (AIC) یا شوارتز-بایزین (SBC) تعیین می شود. سوم، آزمون کران ها برای بررسی رابطه بلندمدت انجام می شود. چهارم، در صورت تأیید هم جمعی، ضرایب بلندمدت و مدل تصحیح خطا برآورد می شود و ضریب ECM باید منفی و معنی دار باشد. پنجم، آزمون های تشخیصی (عدم خودهمبستگی LM، همسانی واریانس و تصریح EYRAMS) و آزمون های ثبات ضرایب CUSUM و CUSUMSQ (al et Brown, ۱۹۷۵) اجرا می شود.



شکل ۲. مراحل اجرای برآورد اقتصادسنجی (رویکرد ARDL)

۴. یافته های پژوهش

۴-۱. آمار توصیفی

جدول ۳ آمار توصیفی متغیرهای پژوهش را برای ۶۰ مشاهده فصلی نشان می دهد. میانگین شاخص پایداری مالی (FS) برابر ۴۰۲۵۱ و میانگین نسبت مطالبات غیر جاری (CR) برابر ۱۱۰۴۸۰ درصد است. نرخ تورم با میانگین ۳۲٫۵ درصد و دامنه ۸٫۵ تا ۶۵٫۲ درصد بیشترین پراکندگی را دارد که بازتاب نوسانات شدید اقتصاد کلان ایران در دوره مورد بررسی است. میانگین و میانه همه متغیرها به هم نزدیک است و این امر نشان دهنده نبود چولگی شدید در توزیع آنهاست.

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرها

متغیر	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
FS	۴,۲۵۱	۴,۱۸۰	۰,۸۵۲	۲,۴۱۰	۶,۳۲۰
CR	۱۱,۴۸۰	۱۱,۲۰۰	۲,۳۱۵	۷,۱۰۰	۱۷,۸۰۰
Smart	۲,۴۵۰	۲,۳۸۰	۰,۶۴۵	۱,۱۰۰	۴,۱۰۰
GDP	۱,۸۲۰	۱,۶۵۰	۳,۱۲۰	۶,۸۰۰-	۷,۴۰۰
INF	۳۲,۵۰۰	۲۹,۸۰۰	۱۲,۴۰۰	۸,۵۰۰	۶۵,۲۰۰
Credit	۲۸,۶۲۰	۲۸,۵۰۰	۱,۴۵۰	۲۵,۸۰۰	۳۱,۶۰۰

۴-۲. آزمون ریشه واحد

نتایج آزمون ADF در جدول ۴ گزارش شده است. مبنای تصمیم‌گیری آن است که هیچ‌یک از متغیرها نباید I(۲) باشند؛ در این صورت استفاده از ARDL مجاز است. بر اساس جدول ۴، متغیرهای FS، CR، Smart و Credit در سطح نامانا و پس از یک‌بار تفاضل‌گیری مانا I(۱) هستند، در حالی که GDP و INF در سطح مانا I(۰) هستند. از آنجا که هیچ متغیری I(۲) نیست، به‌کارگیری روش ARDL مجاز است.

جدول ۴. نتایج آزمون ریشه واحد ADF

متغیر	آماره در سطح	احتمال	آماره تفاضل اول	احتمال	درجه انباشتگی
FS	۲,۱۴۰-	۰,۲۵۸	۶,۴۲۱-	۰,۰۰۰	I(۱)
CR	۲,۳۵۰-	۰,۱۶۲	۵,۸۹۰-	۰,۰۰۰	I(۱)
Smart	۱,۸۹۰-	۰,۳۳۸	۷,۱۲۳-	۰,۰۰۰	I(۱)
GDP	۴,۶۵۰-	۰,۰۰۱	—	—	I(۰)
INF	۳,۲۱۰-	۰,۰۲۵	—	—	I(۰)
Credit	۱,۹۵۰-	۰,۳۰۸	۶,۱۵۰-	۰,۰۰۰	I(۱)

۴-۳. وقفه بهینه و آزمون هم‌جمعی کران‌ها

وقفه بهینه بر اساس معیار AIC/SBC انتخاب شد. نتایج آزمون کران‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد آماره F در هر دو الگو از کران بالای مقادیر بحرانی فراتر است؛ بنابراین فرضیه صفر «عدم وجود رابطه بلندمدت» رد شده و رابطه هم‌جمعی میان متغیرها تأیید می‌شود.

جدول ۵. نتایج آزمون کران‌ها

الگو	ساختار ARDL	آماره F	کران پایین I(۰) (٪۵)	کران بالا I(۱) (٪۵)	نتیجه
الگوی ۱ (FS)	ARDL (۲, ۱, ۱)	۶,۸۴	۳,۲۳	۴,۳۵	هم‌جمعی تأیید شد
الگوی ۲ (CR)	ARDL (۱, ۱, ۲)	۷,۱۲	۳,۱۹	۴,۲۸	هم‌جمعی تأیید شد

۴-۴. ضرایب بلندمدت

جدول ۶ ضرایب بلندمدت هر دو الگو را نشان می‌دهد. در الگوی اول، ضریب هوشمندسازی مثبت و معنی‌دار است؛ یعنی گسترش هوشمندسازی و زیرساخت‌های اقتصاد دیجیتال در بلندمدت به بهبود پایداری مالی و شاخص‌های توانگری مالی شبکه بانکی می‌انجامد و فرضیه اول تأیید می‌شود. در الگوی دوم، ضریب هوشمندسازی منفی و معنی‌دار است؛ به این معنا که توسعه فناوری‌های هوشمند اعتبارسنجی نسبت مطالبات غیرجاری را کاهش می‌دهد و فرضیه دوم تأیید می‌شود. این نتیجه با یافته‌های Wang, (۲۰۲۴) Masron و Yang و همکاران (۲۰۲۳) و Cheng و Qu (۲۰۲۰) هم‌سو است.

جدول ۶. ضرایب بلندمدت (متغیر وابسته: FS در الگوی ۱ و CR در الگوی ۲)

الگو	متغیر	ضریب	خطای معیار	آماره t	احتمال
الگوی ۱	Smart	۰٫۴۸۲	۰٫۱۱۵	۴٫۱۹	۰٫۰۰۰
	GDP	۰٫۱۳۵	۰٫۰۴۲	۳٫۲۱	۰٫۰۰۲
	INF	۰٫۰۲۸-	۰٫۰۰۹	۳٫۱۱-	۰٫۰۰۳
	C	۲٫۱۵۰	۰٫۳۴۰	۶٫۳۲	۰٫۰۰۰
الگوی ۲	Smart	۱٫۳۲۰-	۰٫۲۸۵	۴٫۶۳-	۰٫۰۰۰
	Credit	۰٫۸۴۰	۰٫۲۱۰	۴٫۰۰	۰٫۰۰۰
	INF	۰٫۰۶۵	۰٫۰۲۲	۲٫۹۵	۰٫۰۰۵
	C	۴٫۸۲۰	۱٫۱۲۰	۴٫۳۰	۰٫۰۰۰

جدول ۷ نتایج تأثیر کوتاه‌مدت جمله تصحیح خطا را نشان می‌دهد. ضریب ECM در هر دو الگو منفی و از نظر آماری معنی‌دار است که بیانگر سرعت تعدیل مناسب انحرافات کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت است. بر پایه جدول ۷، سرعت تعدیل در الگوی پایداری مالی ۶۴٪ و در الگوی ریسک اعتباری ۵۸٪ در هر فصل است؛ یعنی حدود ۶۴٪ و ۵۸٪ از انحراف از تعادل بلندمدت در یک فصل جبران می‌شود و نیمه عمر شوک‌ها کمتر از دو فصل است.

جدول ۷. ضریب تصحیح خطا (ECM)

الگو	ضریب ECM (۱-)	خطای معیار	آماره t	احتمال
الگوی ۱ (FS)	۰٫۶۴-	۰٫۱۱	۵٫۸۲-	۰٫۰۰۰
الگوی ۲ (CR)	۰٫۵۸-	۰٫۱۲	۴٫۸۳-	۰٫۰۰۰

۴-۵. آزمون‌های تشخیصی و ثبات ساختاری

آزمون‌های تشخیصی (جدول ۸) نشان‌دهنده نبود خودهمبستگی سریالی، همسانی واریانس و تصریح صحیح مدل است. آزمون‌های CUSUM و CUSUMSQ نیز باید نشان دهند که ضرایب برآوردشده در فاصله اطمینان ۵٪ قرار دارند و ثبات ساختاری برقرار است. احتمال همه آزمون‌ها در جدول ۸ بزرگ‌تر از ۰٫۰۵ است و فرض صفر آن‌ها (نبود خودهمبستگی، همسانی واریانس، تصریح صحیح و نرمال بودن پسماندها) رد نمی‌شود.

جدول ۸. آزمون‌های تشخیصی

آزمون	آماره الگوی ۱	احتمال	آماره الگوی ۲	احتمال
خودهمبستگی (LM)	$F = ۱,۴۲$	$۰,۲۵۱$	$F = ۱,۸۵$	$۰,۱۷۲$
ناهمسانی واریانس	$LM = ۲,۱۵$	$۰,۱۴۸$	$LM = ۱,۹۲$	$۰,۱۷۶$
تصریح مدل (RAMSEY)	$t = ۱,۱۸$	$۰,۲۴۴$	$t = ۱,۴۵$	$۰,۱۵۵$
نرمال بودن جمله خطا (Bera-Jarque)	$JB = ۱,۰۸$	$۰,۵۸۳$	$JB = ۱,۳۴$	$۰,۵۱۲$

۵. بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مطالعه اثر هوشمندسازی و توسعه اقتصاد دیجیتال را بر پایداری مالی و ریسک اعتباری شبکه بانکی ایران طی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۲ با روش ARDL بررسی کرد. یافته‌ها نشان داد که هوشمندسازی در بلندمدت اثر مثبت و معنی‌دار بر پایداری مالی و اثر منفی و معنی‌دار بر نسبت مطالبات غیرجاری دارد. این نتایج با ادبیات مبتنی بر «فرضیه نوآوری-رشد» و با شواهد چین (Masron, ۲۰۲۴; al et Wang, ۲۰۲۳) هم‌خوان است و از سازوکار کاهش عدم‌تقارن اطلاعاتی و کارایی عملیاتی پشتیبانی می‌کند. ضریب منفی و معنی‌دار ECM نیز نشان می‌دهد نوسانات کوتاه‌مدت با سرعت مناسبی به تعادل بلندمدت بازمی‌گردند. در مقایسه با یافته U وارونه Karami و Moghadam Esmailpour (۲۰۲۶) در سطح بانک‌های ایران، باید توجه داشت که نتایج مقاله حاضر در سطح کل شبکه و اثر بلندمدت است؛ از این رو هم‌سویی آن با کاهش ریسک در مراحل بالغ دیجیتالی‌شدن قابل تفسیر است. با این حال، هشدار Koont (۲۰۲۴) درباره انباشت ریسک در بخش‌های کم‌پهره از فناوری و تفاوت اثر میان بانک‌های بزرگ و کوچک (al et Cao, ۲۰۲۲) یادآور می‌شود که اثر میانگین شبکه ممکن است ناهمگنی میان بانک‌ها را پنهان کند.

بر اساس یافته‌ها، پیشنهادهای سیاستی زیر ارائه می‌شود:

توسعه اعتبارسنجی هوشمند: سرمایه‌گذاری بانک‌ها در زیرساخت‌های هوش مصنوعی و اقتصاد دیجیتال نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه با ارزیابی دقیق‌تر اهلیت اعتباری مشتریان مطالبات معوق را کاهش می‌دهد.

ارتقای شفافیت مالی: گسترش بانکداری دیجیتال با شفاف‌سازی جریان مالی، بر شاخص‌های سلامت مالی و پایداری شبکه بانکی در مواجهه با تکانه‌های کلان اقتصادی اثر مثبت دارد.

مدیریت مخاطرات نوظهور: همزمان با هوشمندسازی، تقویت امنیت سایبری، حکمرانی داده و چارچوب‌های نظارتی ضروری است. این پژوهش محدودیت‌هایی دارد: شاخص ترکیبی هوشمندسازی تنها بخشی از ابعاد تحول دیجیتال را می‌سنجد، داده‌ها در سطح کل شبکه بانکی‌اند و ناهمگنی میان بانک‌ها را نشان نمی‌دهند و شرایط خاص ایران مانند تحریم‌ها می‌تواند تعمیم‌پذیری را محدود کند. پژوهش‌های آتی می‌توانند از داده‌های پانل بانک‌ها، شاخص‌های متنوع‌تر هوشمندسازی و رویکردهای ARDL غیرخطی (NARDL) برای بررسی اثرات نامتقارن استفاده کنند.

منابع:

- Ahamed, M. M., & Mallick, S. K. (2019). Is financial inclusion good for bank stability? International evidence. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 157, 403–427. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2017.07.027>
- Anton, S. G., & Afloarei Nucu, A. E. (2024). The impact of digital finance and financial inclusion on banking stability: International evidence. *Oeconomia Copernicana*, 15(2), 563–593. <https://doi.org/10.24136/oc.3046>
- Beck, T., Chen, T., Lin, C., & Song, F. M. (2016). Financial innovation: The bright and the dark sides. *Journal of Banking & Finance*, 72, 28–51. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2016.06.012>
- Berg, T., Burg, V., Gombović, A., & Puri, M. (2020). On the rise of fintechs: Credit scoring using digital footprints. *The Review of Financial Studies*, 33(7), 2845–2897. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz099>
- Brown, R. L., Durbin, J., & Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149–192. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1975.tb01532.x>
- Cao, X., et al. (2022). Digital transformation and risk differentiation in the banking industry: Evidence from Chinese commercial banks. *Asian Economic Papers*, 21(3), 1–21. https://doi.org/10.1162/asep_a_00868
- Cheng, M., & Qu, Y. (2020). Does bank FinTech reduce credit risk? Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal*, 63, 101398. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101398>
- Danisman, G. O., & Tarazi, A. (2020). Financial inclusion and bank stability: Evidence from Europe. *The European Journal of Finance*, 26(18), 1842–1855. <https://doi.org/10.1080/1351847X.2020.1782958>
- Daneshvar, A., Olfat, M., Pourghader Chobar, A., & Yadegari, E. (2025). Improving the performance of direct advertising campaigns by applying artificial intelligence techniques. *Corporate Communications: An International Journal*, 30(2), 312–330. <https://doi.org/10.1108/CCIJ-03-2024-0045>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Foglia, M. (2022). Non-performing loans and macroeconomics factors: The Italian case. *Risks*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.3390/risks10010021>
- Fuster, A., Plosser, M., Schnabl, P., & Vickery, J. (2019). The role of technology in mortgage lending. *The Review of Financial Studies*, 32(5), 1854–1899. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhy080>
- Gomber, P., Kauffman, R. J., Parker, C., & Weber, B. W. (2018). On the fintech revolution: Interpreting the forces of innovation, disruption, and transformation in financial services. *Journal of Management Information Systems*, 35(1), 220–265. <https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1440766>
- Hemmati, A., Motevalli, S. H., Pourghader Chobar, A., Akhlaghpour, A., & Nazari, L. (2025). Analyzing customer sentiment with AI to improve the smart supply chain. *Journal of Engineering Management and Soft Computing*, 11(1), 306–326. <https://doi.org/10.22034/jemsc.2025.2025>
- Hordofa, D. F. (2024). Impact of digital transformation on financial stability in emerging markets: Evidence from Ethiopia. *Discover Sustainability*, 5, 309. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00540-8>
- Karami, A., & Esmaeilpour Moghadam, H. (2026). Digital transformation and risk dynamics: The inverted U-shaped impact of FinTech on Iranian banks' risk-taking behavior. *International Journal of Information Management Data Insights*, 6(1), 100418. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2026.100418>
- Keihani, H. (2021). Macro Economic Factors Influencing the Indian Stock Market with Special Reference to Bombay Stock Market. *Shodh Sarita*, 8(29), 263–268. <https://doi.org/10.5958/2348-2397.2021.00045.2>
- Keihani, H. (2025). Simulation-based on multi-objective optimization in complex system: A meta-modeling approach. *Complexity Analysis and Applications*, 2(1), 25–38. <https://doi.org/10.22034/caa.2025.2025>
- Keihani, H., & Keihani, H. (2025). Transitioning corporate models and processes towards sustainable practices and adopting a circular economy approach. *Canadian Journal of Business, Economics and Health Management*, 8(2), 31–46. <https://doi.org/10.47460/cjbehm.v8i2.140>
- Koont, N. (2024). The digital banking revolution: Effects on competition and stability. *FDIC Center for Financial Research Working Paper*, No. 2023-05. <https://doi.org/10.2478/ceej-2022-0017>
- Laeven, L., & Levine, R. (2009). Bank governance, regulation and risk taking. *Journal of Financial Economics*, 93(2), 259–275. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2008.09.003>

- Motevallı, S. H., Chobar, A. P., Ebrahimi, M., & Alamiparvin, R. (2024). A Fuzzy Multi-objective Optimization Model in Sustainable Supply Chain Network Design Considering Financial Flow. *Fuzzy Optimization and Modeling Journal (FOMJ)*, 5(1), 27–45. <https://doi.org/10.22134/fomj.2024.4101>
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979–1990. <https://doi.org/10.1080/00036840500278103>
- Nozari, H., & Chobar, A. P. (2024). The Dimensions and Components of Marketing 5.0: Introduction to Marketing 6.0. In *Advanced Businesses in Industry 6.0* (pp. 75–86). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2646-6.ch005>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Roy, A. D. (1952). Safety first and the holding of assets. *Econometrica*, 20(3), 431–449. <https://doi.org/10.2307/1907413>
- Samieifard, M., Abolghasemian, M., & Pourghader Chobar, A. (2024). The impact of innovation, performance, and e-commerce development in the online shop on online marketing: A case study in the industry. *Interdisciplinary Journal of Management Studies*, 18(1), 1–17. <https://doi.org/10.22059/ijms.2023.359281.675752>
- Shakerian, M., & Keihani, H. (2026). AI-Driven Economic Forecasting for Industry 5.0 Enterprises. In *Industry 5.0's Impact on Economic Innovation* (pp. 35–50). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5555-8.ch003>
- Sohrabi, R., Pouri, K., Sabk Ara, M., Davoodi, S. M., Afzoon, E., & Pourghader Chobar, A. (2021). Applying sustainable development to economic challenges of small and medium enterprises after implementation of targeted subsidies in Iran. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021(1), 2270983. <https://doi.org/10.1155/2021/2270983>
- Stiglitz, J. E., & Weiss, A. (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. *American Economic Review*, 71(3), 393–410. <https://doi.org/10.2307/1802787>
- Thakor, A. V. (2020). Fintech and banking: What do we know? *Journal of Financial Intermediation*, 41, 100833. <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2019.100833>
- Vaseei, M., Agha, M. N. J., Abolghasemian, M., & Chobar, A. P. (2024). Investigating the role of transformative technologies and smart processes on sustainable business. In *Building Smart and Sustainable Businesses with Transformative Technologies* (pp. 38–51). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1960-4.ch003>
- Wang, H., et al. (2023). Fintech inputs, non-performing loans risk reduction and bank performance improvement. *International Review of Financial Analysis*, 90, 102870. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102870>
- Xie, X., et al. (2023). Digital transformation of commercial banks in China: Measurement, progress and impact. *China Economic Quarterly International*, 3(3), 162–178. <https://doi.org/10.1016/j.ceqi.2023.05.002>